

于露, 姜启军. 异质性环境规制对中国渔业绿色发展的影响 [J]. 地理科学, 2024, 44(2): 319-328. [Yu Lu, Jiang Qijun. The impact of heterogeneous environmental regulation on the green development of fisheries in China. Scientia Geographica Sinica, 2024, 44(2): 319-328.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.20220960

异质性环境规制对中国渔业绿色发展的影响

于露, 姜启军

(上海海洋大学经济管理学院, 上海 201306)

摘要: 基于 2010—2020 年中国省际面板数据, 运用 SBM-GML 指数测算渔业绿色全要素生产率, 实证分析命令控制型和市场激励型两类环境规制对渔业绿色全要素生产率的直接影响, 及不同经济发展水平地区下, 环境规制工具对渔业绿色全要素生产率影响的异质性。研究发现: ① 近 10 a 来中国渔业绿色全要素生产率在 0.967~1.090 波动, 呈现稳中有升态势, 技术进步是中国渔业绿色全要素生产率增长的主要源泉和动力。② 不同类型环境规制对渔业绿色全要素生产率的影响具有显著差异, 命令控制型环境规制影响呈先扬后抑的倒“U”型, 市场激励型环境规制影响呈先抑后扬的正“U”型。③ 环境规制对渔业绿色全要素生产率的影响具有地区性差异, 命令控制型环境规制工具在经济发达地区具有更显著的作用, 市场激励型环境规制在经济相对落后地区具有更显著的作用。

关键词: 异质性环境规制; 渔业; 绿色全要素生产率; 门槛效应

中图分类号: F323.22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2024)02-0319-10

改革开放以来, 中国渔业快速发展, 水产养殖产量、水产品出口量、渔业从业人员等指标连续多年稳居世界第一^[1]。然而, 中国渔业仍存在生产方式粗放、绿色生产效率不高、环境污染严重等问题, 根据 2020 年公布的《第二次全国污染源普查公报》(http://www.gov.cn/xinwen/2020-06/11/content_5518553.htm), 水产养殖业排放的 COD、氨氮、总氮、总磷等污染物占农业废水污染物排放量的 6.24%~10.31%。为促进渔业绿色发展, 近年来中国政府出台了一系列环境规制政策。2019 年农业农村部等 10 部委联合发布了《关于加快推进水产养殖业绿色发展的若干意见》, 围绕转变养殖方式、改善养殖环境、加强科学布局等方面作出全面部署。2020、2021 年的中央一号文都提出“推进水产绿色健康养殖”, 2021 年农业农村部发布了《关于实施水产绿色养殖技术推广“五大行动”的通知》(<https://www.moa.gov.cn/>), 明确提出开展生态健康

养殖模式推广、养殖尾水治理模式推广行动等措施。环境规制作为一种干预手段, 其目的是促进资源环境保护与经济协调发展。在中国渔业绿色发展战略目标的现实背景下, 客观评价渔业绿色发展效率水平, 厘清渔业环境规制的影响机制, 对于制定完善渔业绿色发展相关政策措施具有重要意义。本研究分析资源环境约束下中国渔业绿色全要素生产率水平及区域差异如何, 异质性环境规制工具如何影响中国渔业绿色发展, 环境规制在经济发展水平不同地区的影响作用有何不同, 通过回答以上问题, 以期为更加合理运用环境规制政策工具、推动中国渔业绿色发展提供决策参考。

1 文献综述

关于如何评价绿色发展效率, 国内外学者采用多种方法进行测度, 比较常见的包括数据包络分析法(DEA)和随机前沿分析法(SFA), 在 DEA 基础

收稿日期: 2022-09-01; 修订日期: 2023-02-04

基金项目: 国家社会科学基金项目(22BGL274)、农业农村部现代农业产业技术体系建设专项资金项目(CARS-46)、上海市哲学社会科学“十四五”规划项目(2021BGL009)资助。[Foundation: National Social Science Foundation of China (22BGL274), Special Fund Project for Construction of Modern Agricultural Industry Technology System of Ministry of Agriculture and Rural Affairs (CARS-46), Shanghai Philosophy and Social Sciences 14th Five Year Plan Project (2021BGL009).]

作者简介: 于露(1986—), 女, 江苏盐城人, 博士研究生, 主要研究方向为渔业经济与管理。E-mail: yulu6626@163.com

通信作者: 姜启军。E-mail: qjiang@shou.edu.cn

上改进的包含松弛变量的 DEA-SBM(Slack-based Measure)模型,考虑了非期望产出要素,在绿色发展效率评价领域被广泛应用。绿色效率测量指标主要包括环境技术效率(environmental technical efficiency, ETE)和绿色全要素生产率(green total factor productivity, GTFP),其中环境技术效率(ETE)的测算,一般是将污染物排放^[2]或碳排放^[3]作为约束指标。绿色全要素生产率(GTFP)是在环境技术效率的基础上,主要采用 L 指数(Luenberger)^[4]、ML 指数(Malmquist-Luenberger)^[5]和 GML 指数(Global Malmquist-Luenberger)^[6]测度。具体到渔业绿色发展效率研究,主要有秦宏等^[7]对中国海水养殖生态经济效率进行测度,并认为导致效率损失的主要原因是资源的过度消耗和过量的养殖污染;张樨樨等^[8]采用空间杜宾模型分析中国海洋碳汇渔业绿色效率的影响因素及空间溢出效应;张明等^[9]用 DEA-CCR 模型(不考虑非期望产出)和 DEA-SBM 模型(考虑非期望产出)测算 31 省市、区的渔业淡水养殖生产效率和绿色效率。

规制是指政府通过制订标准等方式,解决经济主体行为过程中产生的负外部性等市场不完全问题^[10-11]。目前,国内外学者主要从 3 个角度度量环境规制:一是用污染物排放量表征,包括单一污染物排放和综合多种污染物排放^[12-13];二是用环境保护行政手段表征,包括环保法律法规和政策文件数量^[14];三是用环境保护市场手段表征,包括治污投资费用、环境保护税费金额等^[15-17]。目前环境规制对产业发展绿色效率影响的研究主要集中在工业领域^[18-20],对农业领域的研究主要有展进涛等^[21]研究了环境规制对农业绿色生产率及粮食安全的驱动机制;黄伟华等^[22]研究了环境规制对小麦绿色全要素生产率的影响和空间溢出效应;余粮红等^[23]利用空间杜宾模型研究了环境规制对海水养殖绿色水平的影响。

针对已有研究,本文拟从以下几个方面进行拓展:①从环境约束角度出发,通过超效率 SBM-GML 模型测算中国省际渔业绿色全要素生产率,科学评价渔业绿色发展水平。②从环境规制的异质性角度出发,将规制工具分为命令控制型、市场激励型两类,实证检验环境规制对渔业绿色全要素生产率的异质性影响。③实证检验环境规制的门槛效应,探讨环境规制对渔业绿色发展影响的地区性差异。

2 理论分析与研究假设

传统观点认为环境规制会增加生产成本,必然会在一定程度上挤占其他生产资源和营利性投入^[24],即环境规制存在“成本遵循效应”,对产业发展效率产生负向影响;然而“波特假说”^[25]认为环境规制可以刺激技术创新、优化资源配置,从长期看有利于提高经济主体的生产效率,实现绿色保护与经济增长的“双赢”,即环境规制存在“创新补偿效应”。环境规制工具可从类型和强度两个维度考量,从类型来看,环境规制工具主要可分为命令控制型和市场激励型两类,前者基于行政命令手段,包括法规、政策、许可、标准、处罚等,后者基于市场调节手段,包括环保投资、补贴、排污权交易、环保责任险等。两类环境规制工具的共同点是,它们均提高了生产者的生产成本,改变了生产者和消费者之间以及生产者群体之间的经济盈余分配。但两类规制工具的功能主体、治理方式和作用机制存在差异^[26],因此不同类型的环境规制对渔业绿色发展效率的影响也有所不同。从强度来看,环境规制强度高低会直接影响到政策实施效果,当环境规制工具的强度不当,换言之,当命令控制型环境规制的约束效用过强,或市场激励型环境规制的激励效用过弱时,可能导致生产者不愿或不能将环境成本纳入生产行为决策,从而导致政策效果难以达到预期水平。由此本文提出如下假设:

H1:环境规制对渔业绿色发展效率的影响因其类型和强度不同而存在差异。

经济发展水平不同的地区,环境规制对渔业绿色全要素生产率的影响可能存在差异。一般而言,经济较发达地区,市场机制较灵活,对市场刺激反应更灵敏,而经济欠发达地区的环保行动可能更依赖于行政命令控制。但另一方面,经济较发达地区可能其环保投入已处于较高水平,而经济欠发达地区在加强环保投入方面还有较多提升空间,环保投资等市场激励手段在这些地区往往会取得良好效果。此外,命令控制型环境规制工具的有效落实有赖于强有力的政府监管体系,因此其政策效果与该地区的行政执行能力密切相关。一般而言,经济发达地区拥有更高效的行政管理体系,因此命令控制型环境规制的政策效果可能更佳。由此本文提出如下假设:

H2:环境规制对渔业绿色发展效率的影响因地

区经济发展水平不同而存在差异。

3 渔业绿色全要素生产率测评

3.1 绿色全要素生产率测算方法

本文用渔业绿色全要素生产率(GTFP)表征渔业绿色发展效率。首先,选择纳入非期望产出的SBM超效率模型,对渔业环境技术效率进行测算,公式如下:

$$\min \rho = \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \bar{x}_{ik}}{\frac{1}{l_1 + l_2} \left(\sum_{r=1}^{l_1} \bar{y}_{rk}^w + \sum_{q=1}^{l_2} \bar{y}_{qk}^b \right)} \quad (1)$$

$$s.t. \quad x_{ik} \geq \sum_{j=1, \neq k}^n \lambda_j x_{ij}; \quad y_{rk}^w \leq \sum_{j=1, \neq k}^n \lambda_j y_{rj}^w; \\ y_{qk}^b \geq \sum_{j=1, \neq k}^n \lambda_j y_{qj}^b;$$

$$\lambda_j \geq 0; \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n; \quad r = 1, 2, \dots, l_1; \\ q = 1, 2, \dots, l_2$$

式中, ρ 为环境技术效率, n 为评价单元数量, 各评价单元有 m 个投入指标, l_1 个期望产出指标和 l_2 个非期望产出指标; $\bar{x}$ 、 $\bar{y}^w$ 、 $\bar{y}^b$ 分别为投入、期望产出和非期望产出的松弛变量, x_{ij} 、 y_{rj}^w 、 y_{qj}^b 分别表示第 j 个决策单元的 i 要素投入、 r 要素的期望产出、 q 要素的非期望产出; x_{ik} 、 y_{rk}^w 、 y_{qk}^b 分别表示经松弛变量改进后的第 k 个决策单元的 i 要素投入、 r 要素的期望产出、 q 要素的非期望产出; λ 为权重向量。上述环境技术效率为静态分析, 为了准确反映渔业 GTFP 的动态变化, 参照文献 [6], 采用 GML 指数 (GML) 测算, 该指数可反映一段时期内渔业绿色全

要素生产率与生产前沿面的相对位置变化, 计算公式如下:

$$GML^{t,t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; x^t, y^t, b^t) = \frac{1 + D_G^t(x^t, y^t, b^t)}{1 + D_G^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})} \quad (2)$$

式中, $D_G^t(x^t, y^t, b^t)$ 、 $D_G^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})$ 分别表示 t 期和 $t+1$ 期的基于全局方向性距离函数的生产参考集, x 代表投入要素, y 代表产出要素, b 代表非期望产出要素。如果 $GML^{t,t+1} > 1$, 表示从 t 到 $t+1$ 期渔业 GTFP 增长; 反之则说明渔业 GTFP 下降。

GML 指数测算的绿色全要素生产率 (GTFP) 可分解为绿色技术进步 (GTC) 和绿色技术效率 (GEC) 两部分, 即 $GML^{t,t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; x^t, y^t, b^t) = GTC^{t,t+1} \times GEC^{t,t+1}$ 。如 $GTC^{t,t+1} > 1$, 表示从 t 到 $t+1$ 期渔业绿色技术有所进步, 反之则说明渔业绿色技术有所退步; 如 $GEC^{t,t+1} > 1$, 表示从 t 到 $t+1$ 期渔业绿色技术效率提升, 反之则说明渔业绿色技术效率降低。

3.2 指标选取及数据来源

基于数据可得性和统计口径一致性, 本文选取 2010—2020 年 30 省(市、区)(不含西藏和港澳台地区)的渔业投入、期望产出和非期望产出数据(表 1), 数据来源为《中国渔业统计年鉴》^[27]。

1) 渔业投入。选取水产养殖面积、渔业养殖从业人员、养殖渔船动力、中间消耗和苗种数作为渔业生产投入指标。

2) 期望产出。期望产出以产值衡量, 由于本文研究对象为养殖渔业, 不包含捕捞渔业, 因此统计的渔业产值包括海水养殖产值、淡水养殖产值、

表 1 投入与产出变量的统计描述

Table 1 Descriptive statistics of output and input variables

类别	统计量	平均值	最大值	最小值	标准差
投入	水产养殖面积/hm ²	257 515.60	1 152 153.00	2 088.00	262 193.80
	渔业养殖从业人员/人	166 629.40	772 921.00	94.00	184 830.60
	养殖渔船动力/kW	72 614.20	770 536.00	0	129 141.50
	中间消耗/亿元	118.50	625.30	0.08	155.30
	苗种数	0.63	3.40	0.01	0.87
期望产出	渔业产值/亿元	220.40	1 079.80	0.80	279.50
非期望产出	TN产生量/t	12 681.50	90 548.10	7.10	19 302.30
	TP产生量/t	3 847.60	34 072.20	1.00	6 904.90
	COD产生量/t	50 487.20	237 673.20	42.70	58 486.90

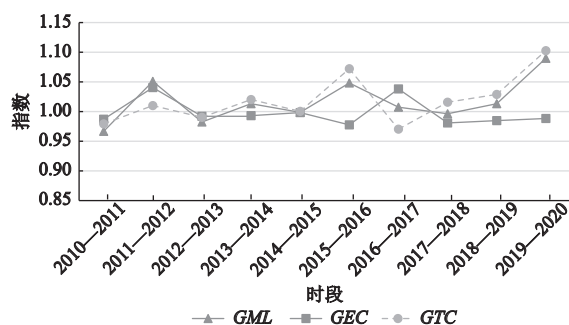
注: 未含西藏和港澳台数据; 苗种数指标, 由于各类苗种单位不统一, 将淡水鱼苗、淡水鱼种、河蟹育苗、扣蟹、海水鱼苗、虾类育苗、贝类育苗等指标标准化处理后综合得出。

水产苗种产值 3 部分,并按农业生产者价格指数调整为 2010 年的可比价格,从而消除价格变动影响。

3)非期望产出。渔业非期望产出是指在渔业生产过程中产生的各类污染物,本文用渔业养殖产生的氮磷和 COD 产污量来衡量。其中,各类淡水养殖品种的 TN、TP 和 COD 产污系数来源于《第一次全国污染源普查水产养殖业污染源产排污系数手册》^[28];海水养殖品种多为异养型,其产污系数参考文献^[29]。

3.3 渔业绿色全要素生产率测算结果与分析

本文利用 MAXDEA 软件对 2010—2020 年全国层面及 30 省(市、区)渔业绿色全要素生产率的 GML 指数及其分解测算(图 1)。结果表明,近 10 a 来,中国渔业绿色全要素生产率呈稳中有升态势,在 0.967~1.090 波动,大部分年份的 GML 指数值大于 1,表明渔业绿色全要素生产率基本呈增长趋势,2020 年达到最高。绿色技术进步 GTC 变化趋势与 GTFP 较接近,在 0.970~1.102 波动,分别于 2012 年、2016 年和 2020 年达到峰值,绿色技术进步态势良好;绿色技术效率在 0.977~1.040 波动,但大部分年份的绿色技术效率小于 1,表明存在绿色技术效率降低。



GML 为 GML 指数; GTC 为绿色技术进步; GEC 为绿色技术效率; 未含西藏和港澳台数据

图 1 2010—2020 年中国渔业绿色全要素生产率、绿色技术效率及绿色技术进步变化

Fig.1 Changes in China's fishery GTFP, GEC and GTC in China from 2010 to 2020

分地区看,河北、贵州、广西等 21 个地区的 GML 指数大于 1,即渔业绿色全要素生产效率较高;陕西、北京、甘肃等 9 个地区的 GML 指数小于 1,即存在绿色全要素生产效率偏低的问题。从 GML 指数的分解因素来看,河北、云南、宁夏等 17 个地

区的 GEC 指数和 GTC 指数均大于 1,即这些地区的 GTFP 是由绿色技术效率提升和绿色技术进步“双轮驱动”实现的。上海、北京 2 个地区的 GEC 指数大于 1,但 GTC 指数小于 1,即存在绿色技术退步的问题;山东、黑龙江、内蒙古等 11 个地区的 GTC 指数大于 1,但 GEC 指标小于 1,即存在绿色技术效率不足。没有地区的绿色技术效率和绿色技术进步均小于 1。从总体来看,“十二五”和“十三五”时期,技术进步是中国渔业绿色全要素生产率增长的主要源泉和动力,这一结论与吴磊等^[30]的研究结果一致:基于碳排放对中国 30 省(市、区)绿色全要素生产率进行测度,结果发现技术进步是主要的推动力。

4 异质性环境规制对渔业绿色全要素生产率影响的实证分析

在测算中国各省渔业绿色全要素生产率的基础上,进一步分析异质性环境规制对渔业绿色全要素生产率的影响。

4.1 计量模型及变量选取

4.1.1 系统 GMM 模型

考虑到绿色全要素生产率本身具有连续性,因此在模型中引入渔业绿色全要素生产率的滞后一期,但其滞后效应与环境规制之间可能存在反向因果关系导致的模型内生性问题,因此采用广义矩估计(GMM)。GMM 法包括差分 GMM 和系统 GMM,系统 GMM 能更充分利用样本信息,较好解决面板模型应用过程中可能存在的内生性和异方差性问题^[31],故本文选择系统 GMM 模型,构造模型如下:

$$\begin{aligned} GTFP_{it} = & \mu_0 + \mu_1 GTFP_{i,t-1} + \mu_2 ER_{i,t-1} + \mu_3 ER_{i,t-1}^2 + \\ & \mu_4 SCALE_{it} + \mu_5 INS_{it} + \mu_6 TECH_{it} + \\ & \mu_7 TRA_{it} + \mu_8 INC_{it} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (3)$$

式中, i, t 分别指省(市、区)、年份, $GTFP$ 为绿色全要素生产率, μ_0 为常数项, ER 为环境规制, $SCALE$ 为渔业产业规模, INS 为渔业产业结构, $TECH$ 为渔业技术创新水平, TRA 为贸易依存度, INC 为渔民收入水平, μ 为待估系数, ε 为扰动项。

1)被解释变量。本文的被解释变量为渔业绿色全要素生产率($GTFP$),由于 GML 指数测算所得的 $GTFP$ 为相邻两期比较的环比指数,为体现渔业 $GTFP$ 的累积性变动趋势,以 2010 年 $GTFP$ 值为

基准(设为 1), 采用累乘法将各期数值调整为定基指数, 即 $GTFP_{it} = 1 \times \prod_{t=2011}^T GML_{it}$ 。

2) 解释变量。本文的解释变量为环境规制。根据前文分析, 本文将环境规制分为两类: ① 命令控制型环境规制(ER_1), 用各地每年发布的环境保护法规、规章、标准数量表示^①; ② 市场激励型环境规制(ER_2), 用污染治理投资总额与 GDP 比值表示。由于命令控制型环境规制和市场激励型环境规制发挥作用都需要一定的时间, 因此采用一阶滞后项纳入回归, 同时根据“波特假说”环境规制与 GTFP 之间可能存在非线性关系, 因此将其二次项纳入回归。

3) 控制变量。根据中国渔业发展的现实情况并参考文献 [32], 本文研究中选取如下控制变量: ① 渔业产业规模(SCALE), 以渔业经济总产值占地区生产总值比重表示。② 渔业产业结构(INS), 用渔业第三产业产值占渔业经济总产值的比重表示。③ 渔业技术创新水平(TECH), 用渔业技术推广经费与渔业经济总产值的比重表示。④ 贸易依存度(TRA), 以地区水产品进出口额与地区生产总值的比值表示。⑤ 渔民收入水平(INC), 以地区渔民纯收入与农村人均纯收入的比值表示。

4.1.2 门槛效应模型

为考察不同经济发展水平地区下环境规制对渔业 GTFP 影响的异质性, 本文采用 Hansen^[33] 提出的门槛回归模型, 以人均 GDP 为门槛变量, 考察环境规制对渔业 GTFP 的门槛效应, 构造门槛模型如下:

$$GTFP_{it} = \mu_0 + \mu_1 ER_{i,t-1} \times I(ER \leq \tau_1) + \mu_2 ER_{i,t-1} \times I(\tau_1 < ER \leq \tau_2) + \dots + \mu_n ER_{i,t-1} \times I(\tau_{n-1} < ER \leq \tau_n) + \mu_{n+1} ER_{i,t-1} \times I(ER > \tau_n) + \sum \mu X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

式中, $I(\cdot)$ 为示性函数, $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$ 为门槛值, $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ 是不同门槛区间的环境规制对渔业 GTFP 的影响系数。 μ_0 为常数项, X 为控制变量, ε 为扰动项。

4.2 数据来源与描述性统计

各指标的描述性统计见表 2, 其中命令控制型环境规制和市场激励型环境规制指标计算数据来源于《中国环境年鉴》^[34]、《中国环境统计年鉴》^[35], 渔业产业规模、渔业产业结构、技术创新水平、渔民收入水平、渔业贸易依存度等指标计算数据来源于《中国渔业统计年鉴》^[27]、《中国农村统计年鉴》^[36]、《中国统计年鉴》^[37]。

4.3 结果分析

1) 基准模型分析。运用 Stata16.0 软件对环境规制对渔业绿色全要素生产率的影响进行实证分析。为满足系统 GMM 模型使用条件, 先对各面板数据序列进行单位根检验, 使用同质 LLC 检验、异质 IPS 检验和 Fisher-ADF 检验 3 种方法检验数据平稳性。结果显示, 各变量在 1% 显著性水平下均平稳。考察方差膨胀因子(VIF), 结果显示 VIF 值均小于 3, 即变量之间不存在严重的共线性问题。回归结果见表 3。

AR 检验结果显示, $AR(1) < 0.10$, $AR(2) > 0.10$, 说明模型不存在二阶序列相关。Hansen 检验结果

表 2 变量的描述性统计分析

Table 2 Descriptive statistical analysis of variables

变量名称	符号	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
渔业绿色全要素生产率	$GTFP$	330	1.052	0.178	0.610	1.653
命令控制型环境规制	ER_1	300	3.736	6.828	0.000	99.000
市场激励型环境规制	ER_2	300	1.311	0.730	0.235	4.110
渔业产业规模	$SCALE$	330	0.243	0.298	0.000	1.277
渔业产业结构	INS	330	0.202	0.125	0.000	0.791
技术创新水平	$TECH$	330	0.015	0.039	0.000	0.306
渔民收入水平	INC	330	1.237	0.312	0.384	2.679
贸易依存度	TRA	330	3.386	5.922	0.000	26.377

注: 未含西藏和港澳台数据。

① 命令控制型环境规制采用取对数的方式计算, 由于部分年份部分地区该指标为 0, 因此处理方法为所有数值加 1 后取对数。

表 3 环境规制的直接影响效应检验结果

Table 3 Test results of direct impact effect of environmental regulation

	(1) GTFP	(2) GTFP
<i>L.GTFP</i>	0.706***	0.762***
<i>ER</i> ₁	0.062***	—
<i>ER</i> ₁ ²	-0.019*	—
<i>ER</i> ₂	—	-0.085**
<i>ER</i> ₂ ²	—	0.019*
<i>SCALE</i>	0.093**	0.084**
<i>INS</i>	0.131*	0.079*
<i>TECH</i>	0.045*	0.039**
<i>TRA</i>	-0.004**	-0.003**
<i>INC</i>	-0.058	0.023**
常数项	0.312***	0.343***
<i>AR</i> (1)	0.001	0.012
<i>AR</i> (2)	0.137	0.231
<i>Hansen Test</i>	0.183	0.134

注: * $P<0.10$, ** $P<0.05$, *** $P<0.01$; —为无此项; 变解释见表 2; 未含西藏和港澳台数据。

大于 0.05, 说明模型工具变量有效, 不存在过度识别问题。渔业 GTFP 的滞后一期在 1% 水平下显著, 说明上期的 GTFP 对当期具有显著的正向影响, 即渔业绿色全要素生产率具有连续性与累积效应。

核心解释变量回归结果显示: 控制型和激励型环境规制对渔业 GTFP 的影响均存在非线性关系, ER_1 一阶系数在 1% 水平下显著为正, 二阶系数在 10% 水平下显著为负, 说明命令控制型环境规制与 GTFP 之间呈倒“U”型关系。 ER_2 一阶系数在 5% 水平下显著为负, 二阶系数在 10% 水平下显著为正, 说明市场激励型环境规制与 GTFP 之间呈正“U”型关系。

其他变量回归结果显示: 产业规模、产业结构和技术创新三项的估计系数显著为正, 说明扩大产业规模、优化产业结构、推进技术创新有利于提升渔业绿色发展; 贸易依存度对渔业 GTFP 的估计系数为负, 说明出口创汇压力会对渔业绿色发展造成负面影响; 收入水平对渔业 GTFP 的估计系数在模型(1)中为负, 但不显著, 而在模型(2)中显著为正。

对比发现, 两类环境规制工具对绿色全要素生产率的影响效应不同。对于命令控制型环境规制工具, 通过设定环保法律、法规、标准等, 对生产者进

行强制性约束, 确保生产者遵守相关排污标准、技术规范等, 进而促进绿色生产效率提升和环境绩效改善。但是, 随着环境规制强度过大, 生产者不愿再增加环境保护方面的投入, 从而阻碍了绿色生产效率提升^[38]; 并且由于命令控制型环境规制政策执行成本较大, 一旦政府无法提供长期的有效监督, 由于信息不对称, 生产者出于利益最大化而选择降低执行力度甚至不遵守规制, 造成了环境规制作用于绿色发展的效果损失。对于市场激励型环境规制工具, 一方面政府通过污染治理投入、环保补贴等手段, 生产者获得产业政策或财政政策支持, 获得绿色发展比较优势, 但部分生产者会对政府的政策支持形成路径依赖, 削弱了自身的创新意识和市场竞争力, 导致效率降低; 且生产者自身初期的环保投入往往数额较大, 会挤占其他生产资源, 并提高整体生产成本, 导致在初级阶段的绿色发展成效不显著。另一方面, 随着时间推移, 初期环保投入的效应会逐渐显著, 如清洁生产设备和治污设施等充分发挥作用, 进而提高绿色生产效率。

2) 稳健性分析。采用多种形式进行稳健性检验: 一是变换被解释变量, 将 GML 指数衡量的 GT-*FP* 变换成 ML 指数。二是变换计量模型, 采用普通 OLS 模型和固定效应面板模型代替系统 GMM 模型。稳健性检验结果显示, 各变量的系数符号与前文保持一致, 且通过了显著性检验, 证明前述结论具有良好的稳健性。

4.4 门槛效应分析

本文把 30 省(市、区)分为沿海地区和内陆地区, 其中沿海地区包括天津、河北、辽宁、山东、上海、江苏、浙江、福建、广东、广西、海南 11 个区域, 其余区域为内陆地区, 进一步讨论不同地区环境规制对渔业绿色发展效率的影响。从检验结果(表 4)中的模型(14)和(15)可知, 在沿海地区命令控制型环境规制对渔业 GTFP 具有更显著的促进作用, 然而在内陆地区效果不显著; 由模型(16)和(17)可知, 在内陆地区市场激励型环境规制对渔业 GTFP 具有更显著的作用, 然而在沿海地区影响不显著, 该结论与唐林等^[39]的结论类似: 在经济发展水平较高地区, 更适宜采用环境行政政策来约束农户环境行为; 反之在经济发展水平较低地区, 更适宜采用环境经济政策来激励农户环境行为。

为进一步检验不同经济发展水平地区环境规制对渔业绿色发展效率的影响, 本文以人均地区生

表 4 不同地区环境规制对渔业 GTFP 的影响检验

Table 4 Impact test of environmental regulations in different regions on fishery GTFP

	(14) 沿海地区	(15) 内陆地区	(16) 沿海地区	(17) 内陆地区
ER_1	0.0980**	0.0090	—	—
ER_1^2	-0.0220	-0.0001	—	—
ER_2	—	—	-0.0820	-0.1410**
ER_2^2	—	—	0.1430	0.0260*
$SCALE$	0.2360**	0.1050	0.2300*	0.0930
INS	0.0340	0.0320	0.0410	0.0390
$TECH$	0.1130*	0.0790	0.1220*	0.0690
INC	-0.1490	-0.1110**	0.2010	-0.0700
TRA	-0.0130	-0.0270	-0.0150	-0.0240
常数项	-1.0240	0.0580	-0.8750	0.3450

注: * $P < 0.10$, ** $P < 0.05$; —为无此项; 变量解释见表2; 未含西藏和港澳台数据。

产总值作为门槛变量, 检验环境规制对渔业 GTFP 影响的门槛效应情况。经检验, 命令控制型环境规制和市场激励型环境规制对渔业 GTFP 的影响都存在显著的单一门槛效应(表 5)。命令控制型环境规制对渔业 GTFP 的影响的门槛值为人均 GDP 为 35 333.97 元^①, 当高于这一门槛值时, 命令控制

型环境规制对 GTFP 的影响在 1% 水平显著, 但低于这一门槛值时则不显著, 表明在经济发展水平较高的地区, 命令控制型环境规制对 GTFP 的影响更强。市场激励型环境规制对渔业 GTFP 的影响的门槛值为人均 GDP 为 22 870.43 元^②, 在门槛值两侧系数均显著, 但低于门槛值时环境规制的系数更大, 即在经济水平较低的地区, 市场激励型环境规制对渔业 GTFP 的影响更强(表 6)。该结论也证明了环境规制对渔业 GTFP 的影响在沿海和内陆地区的差异性, 一般而言, 沿海地区经济发展水平较高, 运用命令控制型环境规制效果更好; 内陆地区经济发展水平较低, 运用市场激励型环境规制工具效果更好。

5 结论与启示

分析结果表明近 10 a 来, 中国渔业绿色全要素生产率在 0.967~1.090 波动, 总体呈稳中有升的态势。命令控制型和市场激励型环境规制对渔业绿色全要素生产率影响存在显著差异, 经济发达地区和经济落后地区的环境规制对渔业绿色全要素生产率的影响具有差异性。

根据上述分析, 本文提出以下对策建议: 第一,

表 5 门槛值汇报

Table 5 Threshold reporting

门槛依赖变量	解释变量	模型	门槛值	F值	P值	BS次数	临界值		
							10%	5%	1%
人均GDP对数值	ER_1	单一门槛	10.472	14.47	0.073 3	500	13.934	15.928	21.065
		双重门槛	10.284	5.33	0.713 3	500	12.501	14.871	20.290
	ER_2	单一门槛	10.038	21.16	0.063 3	500	17.835	22.047	28.336
		双重门槛	11.326	8.55	0.540 0	500	16.499	18.868	26.716

注: 变量解释见表2; 未含西藏和港澳台数据。

表 6 门槛回归检验结果

Table 6 Results of threshold regression test

	人均GDP ≤35 333.97元	人均GDP >35 333.97元	人均GDP ≤22 870.43元	人均GDP >22 870.43元
ER_1	0.011	0.079***	—	—
ER_2	—	—	-0.184***	-0.050***
控制变量	是		是	
R^2	0.175		0.103	

注: *** $P < 0.01$; —为无此项; 变量解释见表2; 未含西藏和港澳台数据。

① 命令控制型环境规制的单一门槛值为 10.4726, 即人均 GDP=exp(10.4726)=35 333.97。

② 市场激励型环境规制的单一门槛值为 10.0376, 即人均 GDP=exp(10.0376)=22 870.43。

合理选择环境规制类型,针对地区经济发展水平,因地制宜实施环境规制,科学设定命令控制型环境政策强度,充分发挥市场激励型环境规制的激励作用,激发绿色全要素生产率对环境规制的正向反馈。第二,加强集约发展,形成规模效应,优化升级产业结构,拉长产业链向渔业加工等三产发展。第三,加强渔业养殖尾水治理,加快推进工厂化循环水养殖、集装箱养殖、深水网箱养殖等清洁环保的渔业绿色养殖技术,从源头减少污染产生和排放。第四,充分发挥本地区水产技术优势和技术体系优势,加强渔业绿色技术推广力度,不断提升渔业的经济效益和环境效益。

参考文献(References):

- [1] 中华人民共和国国务院新闻办公室. 中国的远洋渔业发展[N]. 人民日报, 2023-10-25(014). [The State Council Information Office of the People's Republic of China. The development of China's ocean-going fisheries. People's Daily, 2023-10-25(014).]
- [2] 王兵, 吴延瑞, 颜鹏飞. 中国区域环境效率与环境全要素生产率增长[J]. 经济研究, 2010, 45(5): 95-109. [Wang Bing, Wu Yanrui, Yan Pengfei. Environmental efficiency and environmental total factor productivity growth in China's regional economics. Economic Research Journal, 2010, 45(5): 95-109.]
- [3] 王兆峰, 杜瑶瑶. 基于SBM-DEA模型湖南省碳排放效率时空差异及影响因素分析[J]. 地理科学, 2019, 39(5): 797-806. [Wang Zhaofeng, Du Yaoyao. Spatial-temporal differences and influencing factors of carbon emission efficiency in Hunan Province based on SBM-DEA model. Scientia Geographica Sinica, 2019, 39(5): 797-806.]
- [4] Chambers R G, Fare R, Grosskopf S. Productivity growth in APEC countries[J]. *Pacific Economic Review*, 1996, 1(3): 181-190.
- [5] Chung Y H, Fare R, Grosskopf S. Productivity and undesirable outputs: A directional distance function approach[J]. *Journal of Environmental Management*, 1997, 51(11): 229-240.
- [6] Oh D H. A global Malmquist-Luenberger productivity index[J]. *Journal of Productivity Analysis*, 2010, 34(3): 183-197.
- [7] 秦宏, 张莹, 卢云云. 基于SBM模型的中国海水养殖生态经济效率测度[J]. 农业技术经济, 2018(9): 67-79. [Qin Hong, Zhang Ying, Lu Yunyun. Measurement and analysis of China's mariculture eco-economic efficiency: Based on SBM model. Journal of Agrotechnical Economics, 2018(9): 67-79.]
- [8] 张樨樨, 郑珊, 余粮红. 中国海洋碳汇渔业绿色效率测度及其空间溢出效应[J]. 中国农村经济, 2020(10): 91-110. [Zhang Xixi, Zheng Shan, Yu Lianghong. Green efficiency measurement and spatial spillover effect of China's marine carbon sequestration fishery. Chinese Rural Economy, 2020(10): 91-110.]
- [9] 张明, 袁瑞, 方海. 中国淡水养殖生产效率和绿色效率测算[J]. *中国渔业经济*, 2021, 39(3): 74-82. [Zhang Ming, Yuan Rui, Fang Hai. Measurement of production efficiency and green efficiency of freshwater aquaculture in China. *Chinese Fisheries Economic*, 2021, 39(3): 74-82.]
- [10] Crafts N. Regulation and productivity performance[J]. *Oxford Review of Economic Policy*, 2006, 22(2): 186-202.
- [11] 韩超, 张伟广, 冯展斌. 环境规制如何“去”资源错配——基于中国首次约束性污染控制的分析[J]. 中国工业经济, 2017(4): 115-134. [Han Chao, Zhang Weiguang, Feng Zhanbin. How does environmental regulation remove resource misallocation—an analysis of the first obligation pollution control in China. *China Industrial Economics*, 2017(4): 115-134.]
- [12] 石华平, 易敏利. 环境规制、非农兼业与农业面源污染——以化肥施用为例[J]. 农村经济, 2020(7): 127-136. [Shi Huaping, Yi Minli. Environmental regulation, non-agricultural and non-point source pollution in agriculture—A case study of chemical fertilizer application. *Rural Economy*, 2020(7): 127-136.]
- [13] 王鹏, 郭淑芬. 正式环境规制、人力资本与绿色全要素生产率[J]. 宏观经济研究, 2021(5): 155-169. [Wang Peng, Guo Shufen. Formal environmental regulation, human capital and green total factor productivity. *Macroeconomics*, 2021(5): 155-169.]
- [14] 马国群, 谭砚文. 环境规制对农业绿色全要素生产率的影响研究——基于面板门槛模型的分析[J]. 农业技术经济, 2021(5): 77-92. [Ma Guoqun, Tan Yanwen. Impact of environmental regulation on agricultural green total factor production—Analysis based on the panel threshold model. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2021(5): 77-92.]
- [15] Xie R H, Yuan Y J, Huang J J. Different types of environmental regulations and heterogeneous influence on “green” productivity: Evidence from China[J]. *Ecological Economics*, 2017, 132(2): 104-112.
- [16] Yuan B L, Xiang Q L. Environmental regulation, industrial innovation and green development of Chinese manufacturing: Based on an extended CDM model[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 176(3): 895-908.
- [17] 李德山, 苟晨阳. 环境规制对西部地区水资源利用效率的影响研究——基于产业部门和资源依赖度异质性视角[J]. 地理科学, 2021, 41(12): 2203-2212. [Li Deshan, Gou Chenyang. The impact of environmental regulation on water resource utilization efficiency in the western China based on the heterogeneity of industrial sectors and resource dependence perspectives. *Scientia Geographica Sinica*, 2021, 41(12): 2203-2212.]
- [18] Rubashkina Y, Galeotti M, Verdolini E. Environmental regulation and competitiveness: Empirical evidence on the Porter Hypothesis from European manufacturing sectors[J]. *Energy Policy*, 2015, 83(8): 288-300.
- [19] Zhao X L, Zhao Y, Zeng S X et al. Corporate behavior and competitiveness: Impact of environmental regulation on Chinese firms[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2015, 86(1):

- 311-322.
- [20] 雷玉桃, 张淑雯, 孙菁靖. 环境规制对制造业绿色转型的影响机制及实证研究[J]. *科技进步与对策*, 2020, 37(23): 63-70. [Lei Yutao, Zhang Shuwen, Sun Jingjing. The influence mechanism and empirical study of environmental regulation on the green transformation of manufacturing industry. *Science & Technology Progress and Policy*, 2020, 37(23): 63-70.]
- [21] 展进涛, 徐钰娇. 环境规制、农业绿色生产率与粮食安全[J]. *中国人口·资源与环境*, 2019, 29(3): 167-176. [Zhan Jintao, Xu Yujiao. Environmental regulation, agricultural green TFP and grain security. *China Population, Resources and Environment*, 2019, 29(3): 167-176.]
- [22] 黄伟华, 祁春节, 方国柱, 等. 农业环境规制促进了小麦绿色全要素生产率的提升吗?[J]. *长江流域资源与环境*, 2021, 30(2): 459-471. [Huang Weihua, Qi Chunjie, Fang Guozhu et al. Does the agricultural environment regulation promote the improvement of wheaten GTFP?. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2021, 30(2): 459-471.]
- [23] 余粮红, 高塋, 高强. 环境规制对海水养殖绿色水平的影响及机制[J]. *资源科学*, 2022, 44(1): 1-14. [Yu Lianhong, Gao Kun, Gao Qiang. Influence of environmental regulations on green level of mariculture and its mechanism. *Resources Science*, 2022, 44(1): 1-14.]
- [24] Jaffe A B, Peterson S R, Portney P R et al. Environmental regulation and the competitiveness of U. S. manufacturing: What does the evidence tell U. S.?[J]. *Journal of Economic Literature*, 1995, 33(1): 132-163.
- [25] Porter M E, Linde C V D. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship[J]. *Journal of Economic Perspective*, 1995, 9(4): 97-118.
- [26] 王钰. 命令控制型与市场激励型环境政策对经济绿色发展的影响机制研究[D]. 长春: 吉林大学, 2021. [Wang Yu. Research on the influence mechanism of command-and-control and market-incentive environmental policies on economic green development. Changchun: Jilin University, 2021.]
- [27] 农业农村部渔业渔政管理局. 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010—2021. [Fisheries and Fisheries Administration of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs. China fishery statistical yearbook. Beijing: China Agriculture Press, 2010—2021.]
- [28] 中国水产科学研究院. 第一次全国污染源普查水产养殖业污染源产排污系数手册[R]. 北京, 2010. [Chinese Academy of Fishery Sciences. Handbook of production and emission factors for aquaculture pollution sources in the first national pollution source census. Beijing, 2010.]
- [29] 宗虎民, 袁秀堂, 王立军, 等. 我国海水养殖业氮、磷产出量的初步评估[J]. *海洋环境科学*, 2017, 36(3): 336-342. [Zong Humin, Yuan Xiutang, Wang Lijun et al. Preliminary evaluation on the nitrogen and phosphorus loads by mariculture in China. *Marine Environmental Science*, 2017, 36(3): 336-342.]
- [30] 吴磊, 贾晓燕, 吴超, 等. 异质型环境规制对中国绿色全要素生产率的影响[J]. *中国人口·资源与环境*, 2020, 30(10): 82-92. [Wu Lei, Jia Xiaoyan, Wu Chao et al. Impact of heterogeneous environmental regulation on green total factors productivity. *China Population, Resources and Environment*, 2020, 30(10): 82-92.]
- [31] 狄乾斌, 高广悦, 於哲. 中国海洋经济高质量发展评价与影响因素研究[J]. *地理科学*, 2022, 42(4): 650-661. [Di Qianbin, Gao Guangyue, Yu Zhe. Evaluation and influencing factors of high-quality development of marine economy in China. *Scientia Geographica Sinica*, 2022, 42(4): 650-661.]
- [32] 李晨, 汪琳琳, 邵桂兰. 水产品贸易对渔业碳排放强度的影响——基于中介模型与门槛模型的检验[J]. *资源科学*, 2021, 43(10): 2130-2145. [Li Chen, Wang Linlin, Shao Guilin. The impact of aquatic product trade on the intensity of fishery carbon emissions: Based on intermediary and threshold models. *Resources Science*, 2021, 43(10): 2130-2145.]
- [33] Hansen B E. Threshold effects in non-dynamic panels: Estimation, testing, and inference[J]. *Journal of Econometrics*, 1999, 93(2): 345-368.
- [34] 中国环境年鉴编辑委员会. 中国环境年鉴[M]. 北京: 中国环境年鉴社, 2010—2021. [China Environmental Yearbook Editorial Committee. China environmental yearbook. Beijing: China Environmental Yearbook Press, 2010—2021.]
- [35] 国家统计局, 生态环境部. 中国环境统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2010—2021. [National Bureau of Statistics, Ministry of Ecology and Environment. China statistical yearbook on environment. Beijing: China Statistics Press, 2010—2021.]
- [36] 国家统计局农村社会经济调查司. 中国农村统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2010—2021. [Rural Social and Economic Survey Department of the National Bureau of Statistics. China rural statistical yearbook. Beijing: China Statistics Press, 2010—2021.]
- [37] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2010—2021. [National Bureau of Statistics. China statistical yearbook. Beijing: China Statistics Press, 2010—2021.]
- [38] 徐建中, 王曼曼. 绿色技术创新、环境规制与能源强度——基于中国制造业的实证分析[J]. *科学学研究*, 2018, 36(4): 744-753. [Xu Jianzhong, Wang Manman. Green technology innovation, environmental regulation and energy intensity-an empirical study based on Chinese manufacturing industry. *Studies in Science of Science*, 2018, 36(4): 744-753.]
- [39] 唐林, 罗小锋, 张俊飏. 环境政策与农户环境行为: 行政约束抑或是经济激励[J]. *中国人口·资源与环境*, 2021, 31(6): 147-157. [Tang Lin, Luo Xiaofeng, Zhang Junbiao. Environmental policies and farmers' environmental behaviors: Administrative restriction or economic incentive. *China Population, Resources and Environment*, 2021, 31(6): 147-157.]

The impact of heterogeneous environmental regulation on the green development of fisheries in China

Yu Lu, Jiang Qijun

(School of Economic and Management, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: China is the largest fishery country in the world. However, China's fishing industry still faces problems such as extensive production methods, low green production efficiency, and severe environmental pollution. It is of great significance to achieve green and high-quality fishery development. In recent years, the Chinese government has introduced a series of environmental regulatory policies to promote the green development of fisheries. Based on the provincial panel data from 2010 to 2020, the SBM-GML index is used to measure the green total factor productivity (GTFP) of fishery, and the direct impacts of two types of environmental regulations-command-control regulation and market-incentive regulation on the fishery GTFP are empirically analyzed. On this basis, the heterogeneities of the impact of environmental regulatory tools on the green total factor productivity of fisheries in regions with different levels of economic development are studied. The research found that: 1) In the past decade, China's fishery GTFP fluctuated between 0.967 and 1.090, showing a steady and rising trend. Technological progress is the main source and power of China's fishery GTFP growth. 2) The impacts of two types of environmental regulations on fishery GTFP are significantly different. The impact of command-control environmental regulations is an inverted "U" type, which promotes GTFP first and then suppresses it; while the impact of market-incentive environmental regulations is a positive "U" type, which suppresses GTFP first and then promotes it. 3) Different types of environmental regulations have regional differences in their impact on fisheries GTFP. Command-control environmental regulation plays a more significant role in economically developed regions, while market-incentive environmental regulation plays a more significant role in economically backward regions. Therefore, in order to promote the green and high-quality development of fisheries, the government should reasonably select environmental regulation policies, scientifically set the intensity of environmental regulation tools according to the level of regional economic development and local conditions, actively improve the innovation ability of fishery technology, and strengthen the R&D and promotion of green technology.

Key words: heterogeneous environmental regulation; fisheries; green total factor productivity; threshold effect